Evaluasi Kinerja Unit Crushing Plant dalam Mengolah Pasir dan Batu di CV Arindo, Desa Paseh Kaler, Kecamatan Paseh, Kabupaten Sumedang, Provinsi Jawa Barat

Acep Albi Kusnawan*, Sri Widayati, Linda Pulungan

Prodi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

*acepalbikusnawan@gmail.com, sri.widayati@unisba.ac.id

Abstract. CV Arindo has a crushing plant unit whose performance is not yet known. Therefore, the company feels the need to conduct a performance evaluation of the unit. A crushing plant unit is a series of rock processing tools that aim to reduce the size of rock to the desired size. The series of tools consists of a hopper, feeder, primary crusher, belt conveyor, secondary crusher, tertiary crusher and screen. There are 5 research objectives, namely knowing work efficiency, knowing tool availability, knowing material balance, knowing the Production Rate Index, and knowing the amount of production. Data taken in the field consists of data on resistance time, dump truck speed, rock mass, rock volume and conveyor belt speed. From the processed data, several results were obtained, such as work efficiency, tool availability, rock density, feed weight, actual tool capacity, material balance, and Production Rate Index. The work efficiency of the crushing plant unit is 90.62%. Primary crusher availability values: MA=92.71%, PA=92.87%, UA=97.58%, EU=90.62%, secondary crusher: MA=94.28%, PA=94.5%, UA=95.89%, EU=90.62%, tertiary crusher: MA=94.65%, PA=94.87%, UA=95.52%, EU=90.62%, and screen: MA= 94.40%, PA=94.62%, UA=95.77%, EU=90.62%. The material entering the crushing plant unit is 103.55 tons/hour with the material leaving is 103.29 tons/hour. Each tool has a different Production Rate Index value, namely primary crusher 86.23%, secondary crusher 86.21%, tertiary crusher 48.03%, and screen 73.27%. Total production for one month was 17,972.4 tons, this result means that it has met the production target of 17,000 tons/month.(Banerjee, 2010)

Keywords: *Performance Evaluation, Crushing Plant, Production*.

Abstrak. CV Arindo memiliki unit crushing plant yang belum diketahui seberapa baik kinerjanya. Oleh karena itu, perusahaan merasa perlu untuk melakukan evaluasi kinerja terhadap unit tersebut. Unit crushing plant adalah rangkaian alat pengolahan batuan yang bertujuan untuk memperkecil ukuran batuan sampai menjadi ukuran yang diinginkan. Rangkaian alat tersebut terdiri dari hopper, feeder, crusher primer, belt conveyor, crusher sekunder, crusher tersier, dan screen. Tujuan penelitian ada 5, yaitu mengetahui efisiensi kerja, mengetahui ketersediaan alat, mengetahui material balance, mengetahui Production Rate Index, dan mengetahui jumlah produksi. Data yang diambil di lapangan terdiri dari data waktu hambatan, ritase dump truck, massa batuan, volume batuan dan kecepatan belt conveyor. Dari data-data yang telah diolah, didapatkan beberapa hasil, seperti efisiensi kerja, ketersediaan alat, density batuan, berat umpan, kapasitas aktual alat, material balance, dan Production Rate Index. Efisiensi kerja unit crushing plant adalah 90,62%. Nilai ketersediaan crusher primer: MA=92,71%, PA=92,87%, UA=97,58%, EU=90,62%, crusher sekunder: MA=94,28%, PA=94,5%, UA=95,89%, EU=90,62%, crusher tersier: MA=94,65%, PA=94,87%, UA=95,52%, EU=90,62%, dan screen: MA=94,40%, PA=94,62%, UA=95,77%, EU=90,62%. Material yang masuk ke unit crushing plant sebesar 103,55 ton/jam dengan material yang keluar sebesar 103,29 ton/jam. Setiap alat memiliki nilai Production Rate Index yang berbeda, yakni crusher primer 86,23%, crusher sekunder 86,21%, crusher tersier 48,03%, dan screen 73,27%. Jumlah produksi selama satu bulan adalah 17.972,4 ton, hasil ini berarti sudah memenuhi target produksi sebesar 17.000 ton/bulan.(Dynand et al., 2022)

Kata Kunci: *Evaluasi Kinerja, Crushing Plant, Produksi.*

Corresponding Author
Email: sri.widayati@unisba.ac.id

A. Pendahuluan

Kabupaten Sumedang adalah salah satu daerah yang memiliki sumber daya alam yang melimpah. Bahan galian yang cukup banyak di Kabupaten Sumedang adalah pasir dan batu (sirtu). Salah satu perusahaan yang mensuplai bahan baku tersebut, khususnya di Sumedang adalah CV Arindo. CV Arindo merupakan sebuah perusahaan swasta yang bergerak dalam bidang usaha pertambangan pasir dan batu (sirtu). Bahan galian ini digunakan sebagai bahan baku pembangunan jalan, perumahan rakyat, pelabuhan, bandara dan sebagainya.

CV Arindo memproduksi berbagai macam ukuran batu split, diantaranya batu split berukuran 30-50 mm, 20-30 mm, 10-20 mm, 5-10 mm, dan 0-5 mm. Untuk mendapatkan produk batu berukuran tersebut, CV Arindo harus mengolah pasir dan batu (sirtu) yang ditambang pada unit pengolahan. Unit pengolahan ini biasa disebut dengan unit crushing plant. Unit crushing plant adalah rangkaian alat pengolahan batuan yang bertujuan untuk memperkecil ukuran batuan sampai menjadi ukuran yang diinginkan. Rangkaian alat tersebut terdiri dari hopper, feeder, crusher primer, belt conveyor, crusher sekunder, crusher tersier, dan screen.

CV Arindo memiliki unit crushing plant yang belum diketahui seberapa baik kinerjanya. Oleh karena itu, perusahaan merasa perlu untuk melakukan evaluasi kinerja terhadap unit tersebut. Secara garis besar, perusahaan ingin mengetahui beberapa hal, yaitu mengetahui efisiensi kerja, mengetahui ketersediaan alat, mengetahui material balance, mengetahui Production Rate Index, dan mengetahui jumlah produksi unit crushing plant.(Rustandi et al., 2014)

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka perumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut: “Apakah kinerja unit crushing plant sudah sesuai target atau belum?”. Selanjutnya, tujuan dalam penelitian ini diuraikan dalam pokok-pokok sbb.

1. Mengetahui efisiensi kerja unit crushing plant.
2. Mengetahui ketersediaan alat unit crushing plant.
3. Mengetahui material balance unit crushing plant.
4. Mengetahui Production Rate Index setiap alat.
5. Mengetahui apakah jumlah produksi yang sekarang sudah memenuhi target atau tidak.

B. Metodologi Penelitian

Teknik pengambilan data dilakukan dengan dua cara, yaitu pengambilan data primer dan pengambilan data sekunder. Pengambilan data primer adalah kegiatan pengambilan data yang dilakukan secara langsung di lapangan. Teknik ini bisa juga disebut sebagai teknik pengambilan data secara aktual. Sedangkan, pengambilan data sekunder adalah dengan melakukan studi literatur dari beberapa referensi yang berhubungan dengan kegiatan penelitian.

Teknik pengolahan data yang dilakukan adalah dengan cara menghitung data-data yang telah dimiliki, baik itu data primer maupun sekunder menggunakan rumus-rumus yang sesuai. Dengan demikian maka akan didapatkan beberapa hasil, seperti efisiensi kerja, ketersediaan alat, density batuan, berat umpan, kapasitas aktual alat, material balance dan Production Rate Index.

Teknik analisis data menggunakan metoda komparatif, yaitu melakukan perbandingan antara kapasitas produksi terpasang setiap alat unit crushing plant dengan kapasitas aktual atau jumlah produksi secara aktual, sehingga dengan demikian dapat diketahui Production Rate Index setiap alat yang digunakan saat ini.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Waktu Hambatan

Waktu hambatan merupakan waktu yang mengurangi waktu kerja produktif. Ketika waktu hambatan terjadi, otomatis kegiatan produksi akan berhenti. Sehingga semakin besar waktu hambatan maka semakin kecil waktu kerja produktif, begitu pun sebaliknya. Hasil dari perhitungan waktu hambatan dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Waktu Hambatan

No.	Jenis Hambatan	Rata-Rata Durasi (menit/hari)
1	Persiapan	10
2	Pengisian Oli dan *Grease*	14,62
3	Umpan Macet	6,37
4	Telat Pengisian	8,17
5	Perbaikan Alat	5,87
	Jumlah	45,03

Sumber: Data Penelitian yang Sudah Diolah

Ritase Dump Truck

Ritase dump truck merupakan kegiatan yang dilakukan oleh dump truck, dimana dump truck mengangkut batuan dari tempat penambangan lalu memasukkannya ke dalam hopper. Dalam menghitung ritase dump truck, hal yang perlu dilakukan cukup sederhana, yaitu dengan menghitung berapa kali dump truck memasukkan muatannya ke dalam hopper. Rata-rata jumlah ritase dump truck adalah 39 kali/hari.

Massa dan Volume Batuan

Massa dan volume batuan diperlukan untuk mencari density batuan. Selain itu, massa batuan juga dibutuhkan untuk perhitungan kapasitas aktual dari setiap alat unit crushing plant. Hasil perhitungan massa dan volume batuan, dapat dilihat di Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Massa dan Volume Batuan

Titik Pengambilan Sampel	m (kg)	V (dm^3)
Hopper	3,180	2,065
BC 1	4,956	3,197
BC 2A	4,912	3,169
BC 2B	6,964	4,612
BC 3	2,762	1,623
BC 4	2.426	1,695
BC 5	2,308	1,612
BC 6	1,842	1,108
BC 7	2,408	1,696
BC 8	1,630	0,964

Sumber: Data Penelitian yang Sudah Diolah

Kecepatan Belt Conveyor

Data kecepatan belt conveyor akan digunakan untuk perhitungan kapasitas aktual belt conveyor. Untuk kecepatan rata-rata belt conveyor dapat dilihat di Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Kecepatan Belt Conveyor

Belt Conveyor	Panjang (m)	Waktu (s)	Kecepatan Belt Conveyor (m/s)
BC 1	11	9,50	1,16
BC 2	13	11,28	1,17
BC 3	11	12,63	0,87
BC 4	8	8,08	0,99
BC 5	11	10,55	1,04
BC 6	10	10,82	0,92

BC 7	10	9,31	1,07
BC 8	10	11,07	0,90

Sumber: Data Penelitian yang Sudah Diolah

Efisiensi Kerja

Efisiensi kerja menunjukkan berapa persen dari seluruh waktu kerja yang tersedia dapat dimanfaatkan untuk kerja produktif. Waktu kerja produktif merupakan waktu dimana unit crushing plant beroperasi mengolah batuan. Waktu kerja produktif dapat terganggu apabila terjadi hambatan. Maka dari itu, waktu kerja produktif adalah waktu kerja tersedia dikurangi waktu hambatan. Berikut adalah rumus dan perhitungannya:

Waktu Kerja Produktif = Waktu Kerja Tersedia - Waktu Hambatan
= 8 jam/hari – 0,75 jam/hari
= 7,25 jam/hari

Efisiensi Kerja = (Waktu Kerja Produktif)/(Waktu Kerja Tersedia) x 100%
= (7,25 jam)/(8 jam) x 100%
= 90,625%

Ketersediaan Alat Unit Crushing Plant

Ketersediaan alat adalah faktor yang menunjukkan kondisi alat dalam melakukan pekerjaan (W) dengan memperhatikan kehilangan waktu selama kerja, yang terdiri dari waktu perbaikan (R) dan waktu standby (S). Penilaian terhadap ketersediaan alat terdiri dari MA (Mechanical Availability), PA (Physical Availability), UA (Used of Availability) dan EU (Effective Utilization). Berikut adalah rumus dan perhitungannya:

Contoh Perhitungan Crusher Primer:

$$MA = \frac{W}{W+R} \times 100\% = \frac{7,25}{7,25+0,57} \times 100\% = 92,71\%$$

$$PA = \frac{W+S}{W+R+S} \times 100\% = \frac{7,25+0,18}{7,25+0,57+0,18} \times 100\% = 92,87\%$$

$$UA = \frac{W}{W+S} \times 100\% = \frac{7,25}{7,25+0,18} \times 100\% = 97,58\%$$

$$EU = \frac{W}{W+R+S} \times 100\% = \frac{7,25}{7,25+0,57+0,18} \times 100\% = 90,62\%$$

Data hasil perhitungannya dapat dilihat di Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Nilai Ketersediaan Alat

Alat	MA (%)	PA (%)	UA (%)	EU (%)
Crusher Primer	92,71	92,87	97,58	90,62
Crusher Sekunder	94,28	94,5	95,89	90,62
Crusher Tersier	94,65	94,87	95,52	90,62
Screen	94,40	94,62	95,77	90,62

Sumber: Data Penelitian yang Sudah Diolah

Density Batuan

Density batuan adalah pengukuran massa setiap satuan volume batuan. Semakin tinggi density suatu batuan, maka semakin besar pula massa setiap volumenya. Sebuah batuan yang memiliki density lebih tinggi akan memiliki volume yang lebih rendah dari pada batuan bermassa sama yang memiliki density lebih rendah. Berikut adalah rumus dan perhitungan untuk mencari density:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Keterangan:
ρ = Density
m = Massa
V = Volume

Contoh Perhitungan:

Density Batuan *Hopper* $= \frac{3{,}180}{2{,}065}$

$= 1{,}54$ ton/m^3

Hasil perhitungan density batuan dapat dilihat di Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Density Batuan

Titik Pengambilan Sampel	Density Batuan (ton/m^3)
Hopper	1,54
BC 1	1,55
BC 2A	1,55
BC 2B	1,51
BC 3	1,70
BC 4	1,43
BC 5	1,43
BC 6	1,66
BC 7	1,42
BC 8	1,69

Sumber: Data Penelitian yang Sudah Diolah

Berat Umpan

Berat umpan adalah berat muatan dump truck yang akan dimasukkan ke hopper. Cara menghitung berat umpan adalah dengan mencari tahu terlebih dahulu density batuan dan volume karoseri dump truck (volume umpan). Berikut adalah rumus dan perhitungan untuk mencari berat umpan:

$$\text{Berat Umpan} = \rho \text{ x } V$$

Keterangan:
ρ = Density Umpan
V = Volume Umpan

Perhitungan:
Berat Umpan $= \rho$ x V
$= 1{,}54$ ton/m^3 x 12,5 m^3
$= 19{,}25$ ton

Setelah diketahui berat umpan, maka dapat dicari juga berat umpan perharinya, yaitu dengan mengkalikannya dengan jumlah ritase dump truck. Untuk mencari berat umpan perjam, yaitu dengan cara membagi berat umpan perhari dengan waktu kerja produktif perhari. Sedangkan, untuk mencari berat umpan perbulan, yaitu dengan cara mengkalikan berat umpan perhari dengan jumlah hari kerja perbulan. Hasil perhitungan berat umpan dapat dilihat di Tabel 6 berikut.

Tabel 6. Berat Umpan

Waktu	Berat Umpan (ton)
Perjam	103,55
Perhari	750,75
Perbulan	18.018

Sumber: Data Penelitian yang Sudah Diolah

Kapasitas Aktual Alat

Cara mengetahui kapasitas aktual alat adalah dengan cara mencari tahu kapasitas aktual belt conveyor. Metoda yang digunakan adalah metoda belt cut, yaitu dengan menimbang berat material yang ada di atas belt conveyor sepanjang satu meter, lalu dikalikan dengan kecepatan belt conveyor. Cara ini pun sudah sekaligus mengetahui kapasitas aktual dari alat-alat lain, seperti crusher primer, sekunder, tersier dan screen, karena batuan-batuan yang berada di belt conveyor merupakan hasil produksi dari alat-alat tersebut. Kapasitas aktual belt conveyor dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Q = \frac{W\ x\ (v\ x\ 3600)}{1000}$$

Keterangan:
Q = Kapasitas Aktual Belt Conveyor (ton/jam)
W = Berat Sampel (kg/m)
v = Kecepatan (m/s)

Contoh Perhitungan BC 1:

$$Q = \frac{W\ x\ (v\ x\ 3600)}{1000}$$

$$= \frac{24{,}78\ x\ (1{,}16\ x\ 3600)}{1000}$$

= 103,48128 ton/jam

Kapasitas aktual crusher primer sama dengan kapasitas aktual BC 1, karena batuan yang berada di BC 1 merupakan hasil produksi dari crusher primer. Kapasitas aktual crusher sekunder sama dengan kapasitas aktual BC 2A, karena batuan yang berada di BC 2A merupakan hasil produksi dari crusher sekunder. Kapasitas aktual crusher tersier sama dengan kapasitas aktual BC 4, karena batuan yang berada di BC 4 merupakan hasil produksi dari crusher tersier. Hasil perhitungan kapasitas aktual alat dapat dilihat di Tabel 7 berikut.

Tabel 7. Kapasitas Aktual Alat

Alat	Kapasitas Aktual (ton/jam)
BC 1	103,48
BC 2A	103,45

BC 2B	146,66
BC 3	43,25
BC 4	43,23
BC 5	43,21
BC 6	30,50
BC 7	46,38
BC 8	26,41
Crusher Primer	103,48
Crusher Sekunder	103,45
Crusher Tersier	43,23
Screen	146,54

Sumber: Data Penelitian yang Sudah Diolah

Material Balance

Material balance adalah keseimbangan antara material yang masuk dengan material yang keluar unit crushing plant. Tentunya akan selalu ada material yang hilang selama proses pengolahan. Semakin kecil kehilangan material maka semakin bagus kinerja alat. Berikut adalah rumus dan perhitungannya:

Kehilangan = Material Masuk - Material Keluar

Contoh Perhitungan Crusher Primer:
Kehilangan = 103,55 (ton/jam) - 103,48 (ton/jam)
= 0,07 ton/jam

Hasil perhitungan material balance alat unit crushing plant dapat dilihat di Tabel 8 berikut.

Tabel 8. Material Balance

Alat	Material Masuk (ton/jam)	Material Keluar (ton/jam)	Kehilangan (ton/jam)	Kehilangan (%)	Material Keluar (%)
Crusher Primer	103,55	103,48	0,07	0,07	99,93
Crusher Sekunder	103,48	103,45	0,03	0,03	99,97
Crusher Tersier	43,25	43,23	0,02	0,05	99,95
Screen	146,66	146,54	0,12	0,08	99,92
Unit Keseluruhan	103,55	103,29	0,26	0,25	99,75

Sumber: Data Penelitian yang Sudah Diolah

Production Rate Index

Production Rate Index atau PRI adalah faktor yang menunjukkan kinerja alat dalam melakukan produksi. Nilai dari Production Rate Index ini menunjukkan persentase kinerja alat dalam melakukan produksi dengan membandingkan antara kapasitas terpasang dengan kapasitas aktual dari alat. Dengan kata lain, nilai Production Rate Index menggambarkan seberapa besar

alat tersebut telah bekerja dibanding kemampuan maksimalnya yang terpasang. Production Rate Index dapat dicari dengan menggunakan rumus sebegai berkut:

$$\text{PRI} = \frac{\text{Kapasitas Aktual}}{\text{Kapasitas Terpasang}} \text{ x } 100\ \%$$

Contoh Perhitungan Crusher Primer:

$$\text{PRI} = \frac{\text{Kapasitas Aktual}}{\text{Kapasitas Terpasang}} \text{ x } 100\ \%$$

$$= \frac{103{,}48}{120} \text{ x } 100\ \%$$

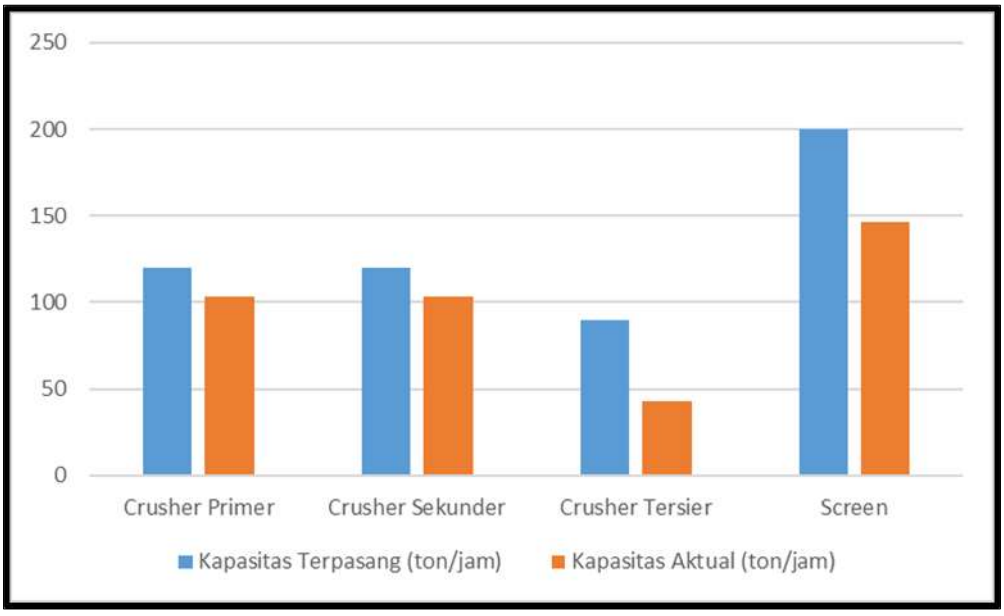
$$= 86{,}23\ \%$$

Hasil perhitungan Production Rate Index dapat dilihat di Tabel 9 dan untuk Grafik Production Rate Index dapat dilihat di Gambar 1 berikut.

Tabel 9. Production Rate Index

Alat	Kapasitas Terpasang (ton/jam)	Kapasitas Aktual (ton/jam)	Production Rate Index (%)
Crusher Primer	120	103,48	86,23
Crusher Sekunder	120	103,45	86,21
Crusher Tersier	90	43,23	48,03
Screen	200	146,54	73,27

Sumber: Data Penelitian yang Sudah Diolah



Gambar 1. Grafik Production Rate Index

D. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dalam penelitian ini, peneliti menyimpulkan beberapa hasil penelitian sebagai berikut:

1. Efisiensi kerja unit crushing plant adalah 90,62%, dengan waktu kerja produktif 7,25 jam/hari. Efisiensi kerja sangat dipengaruhi oleh waktu hambatan, dimana rata-rata waktu hambatan adalah 0,75 jam/hari. Dari hasil yang didapatkan tersebut, dapat diartikan bahwa kondisi kerja unit crushing plant adalah bagus sekali, karena nilai efisiensi kerjanya lebih dari 84%.
2. Penilaian terhadap ketersediaan alat adalah sebagai berikut:
   - Crusher primer: MA = 92,71%, PA = 92,87%, UA = 97,58%, EU = 90,62%
   - Crusher sekunder: MA = 94,28%, PA = 94,5%, UA = 95,89%, EU = 90,62%
   - Crusher tersier: MA = 94,65%, PA = 94,87%, UA = 95,52%, EU = 90,62%
   - Screen: MA = 94,40%, PA = 94,62%, UA = 95,77%, EU = 90,62%
3. Material yang masuk ke unit crushing plant sebesar 103,55 ton/jam dengan material yang keluar sebesar 103,29 ton/jam, sedangkan kehilangannya sebesar 0,26 ton/jam. Adapun dalam persentase, material yang keluar sebesar 99,75% dengan kehilangannya sebesar 0,25%.
4. Setiap alat memiliki nilai Production Rate Index yang berbeda, yakni crusher primer sebesar 86,23%, crusher sekunder sebesar 86,21%, crusher tersier sebesar 48,03%, dan screen sebesar 73,27%.
5. Jumlah produksi selama satu bulan adalah 17.972,4 ton/bulan, yang mana ini berarti sudah memenuhi target produksi sebesar 17.000 ton/bulan.

Acknowledge

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam proses penyelesaian penelitian ini, diantaranya:

1. Bapak Dr. Ir. Yunus Ashari, M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Pertambangan, Bapak Noor Fauzi Isniarno, S.Pd., S.Si., M.T. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Pertambangan, Bapak Ir. Zaenal, M.T. selaku Koordinator Skripsi dan Wali Dosen, Ibu Dr. Ir. Sri Widayati, S.T., M.T., IPM selaku Pembimbing, Ibu Ir. Linda Pulungan, M.T. selaku Co-Pembimbing, serta seluruh Dosen dan Staff Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung atas bantuan dan ilmu yang diberikan kepada penulis.
2. Bapak Asep Yuyu selaku Kepala Teknik Tambang CV Arindo sekaligus pembimbing lapangan selama kegiatan penelitian skripsi ini.
3. Kedua orang tua tercinta yang senantiasa memberikan do'a, semangat, motivasi, dan dukungan baik berupa moril maupun materil yang tidak ada habisnya hingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Daftar Pustaka

[1] Anonim. *Bridgestone Conveyor Belt Design Manual*. Tokyo: Bridgestone; 2007.

[2] Currie, J. M. *Unit Operation in Mineral Processing*. British Colombia: Department of Chemical and Metallurgi Technology Burnaby; 1973.

[3] Drzymala, Jan. *Mineral Processing: Foundations of Theory and Practice of Minerallurgy*. Wroclaw: Wroclaw University of Technology; 2007.

[4] Martodjojo, Soejono. *Evolusi Cekungan Bogor*. Bandung: Institut Teknologi Bandung; 1984.

[5] Prodjosumarto, Partanto. *Pemindahan Tanah Mekanis*. Bandung: Jurusan Teknik Pertambangan Institut Teknologi Bandung; 1993.

[6] Prodjosumarto, Partanto. *Pengolahan Bahan Galian dan Metalurgi*. Bandung: Jurusan Teknik Pertambangan Institut Teknologi Bandung; 1998.

[7] Reisner, W., dan Eisenhart, M. V. *Bins and Bunkers for Handling Bulk Materials: Practical Design and Techniques*. Pennsylvania: Trans Tech Publications; 1975.

[8] Sutidja, Trim. *Tambang-Tambang di Indonesia*. Jakarta: Bumi Aksara; 2001.

[9] Taggart, A. F. *Handbook of Mineral Dressing*. New York, London, Sydney: John Wiley and Sons Inc; 1954.

[10] Van Zuidam, R. A., dan Van Zuidam Cancelado, F. I. *Terrain Analysis and Classification using Aerial Photographs. A Geomorphological Approach*. Enschede: ITC Textbook of Photo-interpretation; 1979.

[11] Banerjee. (2010). Energy Performance of Dump Truck in Openchas Mine.

[12] Dynand, R. R., Linda Pulungan, & Rully Nurhasan. (2022). Evaluasi Produksi Crushing Plant Batu Andesit di PT. XYZ Pamoyanan Purwakarta. *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, 141–146. https://doi.org/10.29313/jrtp.v2i2.1412

[13] Rustandi, K. M., Hasjim, M., & Juniah, R. (2014). Analisis Pengendalian Mutu Hasil Reduksi Batu Kapur Menggunakan Hammer Crusher Sebagai Bahan Utama Pembuatan Semen Di PT. Semen Baturaja (Persero), Tbk. *Jurnal Ilmu Teknik, 2*(6).